



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:

Frutschi et al.

Application No.: 10/808,491

Filing Date: 25 March 2004

Title: METHODS AND APPARATUS FOR
STARTING UP EMISSION-FREE GAS-
TURBINE POWER STATIONS

Art Unit: [to be assigned]

Examiner: [to be assigned]

Atty. Ref. No.: 003-125

**SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF APPLICATION IN SUPPORT OF A
CLAIM FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. § 119**

Commissioner For Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

Applicant submits herewith a certified copy of the prior application identified below, in support of a claim for priority under 35 U.S.C. § 119 in the above-identified patent application:

Country	Priority Document Appl. No.	Filing Date
Switzerland	2001 1809/01	01 October 2001

Prompt acknowledgment of this claim and submission is respectfully requested.

Respectfully submitted,

Date: 14 Sept. 2004

Adam J. Cermak
Reg. No. 40,391

U.S. P.T.O. Customer Number 36844
Cermak & Kenealy LLP
P.O. Box 7518
Alexandria, VA 22307

THIS PAGE BLANK (USPTO)



**CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT**

**SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
CONFÉDÉRATION SUISSE
CONFEDERAZIONE SVIZZERA**

10/808491

Bescheinigung

Die beiliegenden Akten stimmen mit den ursprünglichen technischen Unterlagen des auf der nächsten Seite bezeichneten Patentgesuches für die Schweiz und Liechtenstein überein. Die Schweiz und das Fürstentum Liechtenstein bilden ein einheitliches Schutzgebiet. Der Schutz kann deshalb nur für beide Länder gemeinsam beantragt werden.

Attestation

Les documents ci-joints sont conformes aux pièces techniques originales de la demande de brevet pour la Suisse et le Liechtenstein spécifiée à la page suivante. La Suisse et la Principauté de Liechtenstein constituent un territoire unitaire de protection. La protection ne peut donc être revendiquée que pour l'ensemble des deux Etats.

Attestazione

I documenti allegati sono conformi agli atti tecnici originali della domanda di brevetto per la Svizzera e il Liechtenstein specificata nella pagina seguente. La Svizzera e il Principato di Liechtenstein formano un unico territorio di protezione. La protezione può dunque essere rivendicata solamente per l'insieme dei due Stati.

Bern, 6. JUNI 2002

Eidgenössisches Institut für Geistiges Eigentum
Institut Fédéral de la Propriété Intellectuelle
Istituto Federale della Proprietà Intellettuale

Patentverfahren
Administration des brevets
Amministrazione dei brevetti

Rolf Hofstetter
Rolf Hofstetter

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Patentgesuch Nr. 2001 1809/01

HINTERLEGUNGSBESCHEINIGUNG (Art. 46 Abs. 5 PatV)

Das Eidgenössische Institut für Geistiges Eigentum bescheinigt den Eingang des unten näher bezeichneten schweizerischen Patentgesuches.

Titel:

Verfahren und Vorrichtung zum Anfahren von emissionsfreien Gasturbinenkraftwerken.

Patentbewerber:

ALSTOM (Switzerland) Ltd
Haselstrasse 16
5400 Baden

Anmeldedatum: 01.10.2001

Voraussichtliche Klassen: F01K, F02C

Uebertragen an:

ALSTOM (Switzerland) Ltd
Brow Boveri Strasse 7
5401 Baden

reg: 13. März 2002

THIS PAGE BLANK (USPTO)

TITEL

Verfahren und Vorrichtung zum Anfahren von emissionsfreien
Gasturbinenkraftwerken

TECHNISCHES GEBIET

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Krafterzeugungsanlage aufweisend wenigstens einen Gasturbinenkreislauf mit Abhitzeessel und wenigstens einen über den Abhitzeessel betriebenen Dampfturbinenkreislauf, wobei der Gasturbinenkreislauf halb geschlossen und im wesentlichen emissionsfrei ausgebildet ist und im wesentlichen aus einem Verdichter, einer stromab des Verdichters angeordneten Brennkammer, einer stromab der Brennkammer angeordneten Gasturbine, einem stromab der Gasturbine angeordneten Abhitzeessel, sowie wenigstens einem an die Gasturbine angekoppelten Generator besteht. Die Erfindung betrifft ausserdem Verfahren zur Inbetriebnahme und zum Betrieb einer derartigen Krafterzeugungsanlage.

STAND DER TECHNIK

Im Rahmen der allgemeinen Bestrebungen, Kraftwerke zu entwickeln, welche eine möglichst geringe Umweltbelastung darstellen, gibt es eine Vielzahl von verschiedenen Projekten, deren Ziel die Entwicklung emissionsfreier Gasturbinenkraftwerke mit einem halb geschlossenen CO_2 / H_2O Kreislauf ist. Dabei wird das als Brennstoff verwendete Erdgas mit möglichst reinem Sauerstoff verbrannt. Unter diesen Umständen entstehen Verbrennungsgase, die praktisch nur aus Kohlendioxid und Wasser bestehen. Kondensiert man das Wasser aus dem Arbeitsmedium aus, so erhält man weitgehend reines Kohlendioxid, das durch Kompression verflüssigt und auf unterschiedliche Art und Weise verwendet oder entsorgt werden kann.

Zur Nutzung der hohen Temperaturen am Turbinenaustritt wird i.d.R. ein Dampferzeuger vorgesehen, wobei der entstehende Dampf benutzt wird, um eine Kondensationsturbine anzutreiben (bottoming steam turbine). Da die Turbinenaustrittstemperatur bei üblichen Druckverhältnissen für $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ -Gemische höher ist als bei konventionellen Gasturbinen, liefert der Dampfkreislauf bei derartigen Systemen bis zu etwa 50% der Gesamtleistung.

Alternativ kann der erzeugte Dampf in einer Gegendruckturbine vorentspannt werden (topping steam turbine), um dann vor, in oder hinter der Brennkammer mit dem Arbeitsmedium der Gasturbine vermischt zu werden. Der eingespritzte Dampf kann dann nach Durchströmen des Abhitzekessels zusammen mit dem durch die Verbrennung entstandenen Wasser auskondensiert werden. Beide Konzepte werden im Patent EP 0 731 255 B1 detaillierter beschrieben.

Der Einsatz emissionsfreier Gasturbinenkraftwerke wird heute insbesondere im Bereich der Oel- und Gasindustrie erwogen, da das separierte Kohlendioxid dort in grossem Umfang verwendet werden kann (Enhanced Oil Recovery, EOR) und zum Teil bereits empfindliche Steuern für emittiertes Kohlendioxid gezahlt werden müssen. In der Oel- und Gasindustrie werden Kraftwerke aber häufig in einem Umfeld betrieben, in dem der Bezug von Anfahrleistung aus dem Netz schwierig oder nicht möglich ist (entlegene küstennahe Standorte, Bohrinseln, etc.). Diese

Problematik wird bei emissionsfreien Kraftwerken des oben beschriebenen Typs dadurch erschwert, dass vor dem Anfahren der Turbine eine zumeist kryogen ausgeführte Luftzerlegungsanlage angefahren werden muss, die während eines Zeitraums von 2 bis 4 Stunden etwa 10% der Netzleistung des Kraftwerks benötigt, um einen stabilen Betriebspunkt zu erreichen.

Für einen autarken Anfahrvorgang kann bei konventionellen Gasturbinenkraftwerken Strom benutzt werden, der von den Generatoren der integrierten Dampfturbinen erzeugt wird. Als Beispiel hierfür kann eine Anordnung gemäss US Patent 5,148,668 herangezogen werden, bei welcher ein während des Betriebs aufgeladener Heisswasserspeicher den zum Anfahren benötigten Dampf liefert. Um über längere Zeit den benötigten Dampf bereitzustellen, ist in dieser Patentschrift eine Zusatzfeuerung des Heisswasserspeichers vorgesehen. Weil für emissionsfreie Kraftwerke kein schneller Start möglich ist, kann nicht auf das Konzept der Verwendung eines Heisswasserspeichers zurückgegriffen werden.

DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, eine emissionsfreie, halb geschlossene Kraftwerksanlage der obengenannten Art, das heisst gemäss dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1, zur Verfügung zu stellen, welche Kraftwerksanlage einen Betrieb und ein Anfahren mit minimaler Anfahrleistung.

Die vorliegende Erfindung löst diese Aufgabe, indem erste Mittel angeordnet werden, welche es erlauben, alternativ oder ergänzend Heissgas in den Heissgaspfad zwischen Gasturbine und Abhitzekeessel einzuschleusen, und indem zweite Mittel angeordnet werden, welche es erlauben, alternativ oder ergänzend stromab des Abhitzekeessels Abgas aus dem Abgaspfad auszuschleusen.

Diese überraschend einfache Modifikation des Gasturbinenkreislaufes erlaubt die Beheizung des Abhitzekeessels bei stillstehender oder noch nicht (oder auch nicht mehr) genügend leistungsfähiger Turbogruppe, derart, dass der

Dampfturbinenkreislauf energieerzeugend respektive insbesondere stromerzeugend betrieben werden kann. Mit anderen Worten wird der im normalen Betrieb von einem Abgasgemisch der Gasturbinenanlage durchströmte Abhitzeessel als hilfsbefeuerter Dampferzeuger betrieben. Die Generatoren der mit dem so erzeugten Dampf beaufschlagten Dampfturbinen erzeugen bei entsprechender Auslegung der Hilfsbefeuerung genügend Strom um sowohl eine ggf. für die Versorgung mit reinem Sauerstoff vorhandene Luftzerlegungsanlage als auch die Gasturbine anfahren zu können. Die Modifikation erlaubt es ausserdem, den Dampfturbinenkreislauf allein stromerzeugend zu betreiben, und die Anlage kann somit auch die Funktion eines Notstromaggregates übernehmen, was beispielsweise während eventueller Ausfallzeiten von Luftzerlegungsanlage und/oder Gasturbine notwendig werden kann. Üblicherweise wird dabei das aus dem Abgaspfad ausgeschleuste Abgas über einen Hilfskamin abgeführt.

Gemäss einer ersten, besonders einfachen und bevorzugten Ausführungsform der Erfindung handelt es sich bei den ersten und zweiten Mitteln um Umschaltorgane, welche das Ein- respektive Ausschleusen insbesondere über das Umstellen von Luftklappen erlauben.

Gemäss einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird das zusätzliche, alternativ oder ergänzend in den Heissgaspfad einzuschleusende Heissgas von einem oder mehreren Hilfsbrennern zur Verfügung gestellt, welche bevorzugt über ein Gebläse mit Frischluft versorgt werden. Grundsätzlich ist es aber auch möglich, das Heissgas auf andere Art und Weise zur Verfügung zu stellen, beispielsweise über Wärmetauscher, Katalysatoren, etc..

Vorteilhafterweise wird die erfindungsgemässe Krafterzeugungsanlage als $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ -Anlage betrieben, das heisst es handelt sich dabei um einen $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ -Gasturbinenkreislauf, bei welchem entstehendes CO_2 und H_2O über entsprechende Mittel zur Kompression und/oder Mittel zur Kühlung aus dem Gasturbinenkreislauf insbesondere bevorzugt unmittelbar stromab des Verdichters abzweigend und insbesondere in fester und/oder flüssiger Form entfernt wird, wobei der Gasturbinenkreislauf insbesondere über eine Luftzerlegungsanlage mit weitgehend reinem Sauerstoff versorgt wird. Dabei kann es die

Luftzerlegungsanlage kryogen oder auf Membranverfahren basierend ausgebildet sein.

Gemäss einer anderen bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist der Dampfturbinenkreislauf im wesentlichen geschlossen ausgebildet und weist wenigstens eine Dampfturbine und wenigstens einen daran angekoppelten Generator auf. Dabei kann der Dampfturbinenkreislauf unter alleiniger Verwendung von über die ersten Mittel eingeschleustem Heissgas bei gleichzeitiger Abführung der Abgase über die zweiten Mittel derart betrieben werden, dass der Generator genügend Energie erzeugt, um die Gasturbinenanlage und eine ggf. vorhandene Luftzerlegungsanlage in Betrieb zu nehmen, respektive um bei Ausfall der Gasturbinenanlage als Notstromaggregat zu dienen. Um den besonderen Bedürfnissen beim Anfahren respektive beim Betrieb als Notstromaggregat gerecht zu werden, kann ausserdem vorzugsweise ein weiteres Umschaltorgan stromauf des Verdichters angeordnet werden, über welches Umgebungsluft angesaugt werden kann.

Je nach Bedürfnissen kann die im Dampfturbinenkreislauf angeordnete Dampfturbine als Kondensationsturbine ausgestaltet sein oder als Gegendruckturbine, deren teilentspannter Abdampf in der Gasturbine nach Einspritzung in das Kreislaufmedium vor, in, und/oder nach der Brennkammer unter Leistungsabgabe bis auf Umgebungsdruck entspannt wird, wobei insbesondere ein Umschaltorgan vorgesehen ist, mit welchem der Abdampf an der Gasturbine vorbei direkt zur Verflüssigung in einen im Gasturbinenkreislauf angeordneten Kühler geleitet werden kann.

Weitere bevorzugte Ausführungsformen der erfindungsgemässen Kraftwerksanlage sind in den abhängigen Patentansprüchen beschrieben.

Die vorliegende Erfindung betrifft ausserdem ein Verfahren zur Inbetriebnahme einer Krafterzeugungsanlage wie sie oben beschrieben ist, welches dadurch gekennzeichnet ist, dass zunächst in einer ersten Phase der Dampfturbinenkreislauf mit über die ersten Mittel eingeschleustem Heissgas bei gleichzeitiger wenigstens teilweiser Ausschleusung der Abgase über die zweiten Mittel in Betrieb genommen wird, dann in einer zweiten Phase ein im

Dampfturbinenkreislauf angeordneter Generator den Generator motorisch mit Strom zum Anfahren der Turbogruppe antreibt, wobei der Verdichter über eine stromauf angeordnete Luftklappe und/oder über die in beide Richtungen geöffneten zweiten Mittel Frischluft oder ein Verbrennungsgasgemisch ansaugt, durch die Brennkammer fördert, in welcher ggf. unter zusätzlicher Zufuhr von weitgehend reinem Sauerstoff Brennstoff verfeuert wird, sodass die Turbine den motorisch angetriebenen Generator zu unterstützen beginnt, und schliesslich als alleiniger Antrieb dient, wobei die heißen Abgase der Gasturbine sukzessive und am Ende vollständig die Dampferzeugung im Abhitzeessel übernehmen. Die Trennung in einzelne Phasen ist dabei nicht absolut strikt zu sehen, eine entsprechende optimale Führung des Anfahrprozesses mit teilweise überlappenden Abschnitten kann vom Fachmann ermittelt werden.

Des Weiteren betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zur Inbetriebnahme einer Krafterzeugungsanlage wie sie oben beschrieben ist, gekennzeichnet dadurch, dass zunächst in einer ersten Phase der Dampfturbinenkreislauf mit über die ersten Mittel eingeschleustem Heissgas bei gleichzeitiger wenigstens teilweiser Ausschleusung der Abgase über die zweiten Mittel in Betrieb genommen wird, dass nach erfolgtem Selbstlauf der über eine stromauf des Verdichters angeordnete Luftklappe mit Luft als Ersatzmedium betriebenen Turbogruppe in einer zweiten Phase über die ersten und zweiten Mittel und die Luftklappe der Gasturbinenkreislauf geschlossen und der Brennkammer weitgehend reiner Sauerstoff als Oxidationsmittel zugeführt wird, wobei kontinuierlich Gas aus dem Kreislauf ausgeschleust wird, um die Zufuhr von Sauerstoff und Brennstoff zu kompensieren, und wobei sich die Zusammensetzung des umlaufenden Gases sukzessive einem Gleichgewicht nähert, in dem mit der Separation und Verflüssigung der Verbrennungsprodukte begonnen werden kann. Das Gleichgewicht ist dabei dann erreicht, wenn das Verbrennungsgasgemisch im wesentlichen nur noch aus CO_2 und H_2O besteht und kein Stickstoff, Sauerstoff o.ä., die den Kondensationsprozess des CO_2 stören könnten, mehr vorhanden sind. Dabei kann der nach der ersten Phase über den Generator verfügbare Strom wenigstens teilweise zum Betrieb der

Luftzerlegungsanlage und damit zur Bereitstellung von weitgehend reinem Sauerstoff für den Verbrennungsprozess in der Brennkammer verwendet werden.

Die erfindungsgemässe Kraftwerksanlage kann ausserdem derart gefahren werden, dass bei nicht betriebem Gasturbinenkreislauf nur der Dampfturbinenkreislauf über die Einschleusung von Heissluft mit den ersten Mitteln und über die Ausschleusung von Abgasen mit den zweiten Mitteln betrieben wird, und dass so der im Dampfturbinenkreislauf angeordnete Generator Strom insbesondere im Sinne eines Notstromaggregates zur Verfügung stellt.

Weitere bevorzugte Ausführungsformen der erfindungsgemässen Verfahren sind in den abhängigen Patentansprüchen beschrieben.

KURZE ERLÄUTERUNG DER FIGUREN

Die Erfindung soll nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen im Zusammenhang mit den Figuren näher erläutert werden. Es zeigen:

Fig. 1 ein Schema eines emissionsfreien Gasturbinenkraftwerkes nach dem Stand der Technik ;

Fig. 2 ein Schema eines erfindungsgemässen emissionsfreien Gasturbinenkraftwerkes mit Kondensationsturbine ; und

Fig. 3 ein Schema eines erfindungsgemässen emissionsfreien Gasturbinenkraftwerkes mit Gegendruckturbine.

WEGE ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

Fig. 1 zeigt das Schema eines emissionsfreien Kraftwerks mit CO₂/H₂O-Gasturbine und nachgeschaltetem Wasserdampfkreislauf mit

Kondensationsturbine nach dem Stand der Technik. Ein $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ -Turbosatz, bestehend aus einem Verdichter 1, einer Brennkammer 2, einer Turbine 3 und einem auf einer gemeinsamen Welle 22 angeordneten Generator 8 ist über einen Abhitzeessel 4 und einen als Wärmesenke dienenden Kühler 5 zu einem geschlossenen Kreislauf verschaltet. Die aus der Gasturbine 3 austretenden Heissgase werden über den Heissgaspfad 23 dem Abhitzeessel zugeführt, und die im Abhitzeessel 4 abgekühlten Abgase werden hinter dem Abhitzeessel 4 über den Abgaspfad 40 dem Kondensator 5 zugeführt. Bis zu einer durch die Kühlwassertemperatur vorgegebenen Grenze kann mit Hilfe des Kühlers 5 ein beliebiger Anteil des im Arbeitsmedium enthaltenen Wassers auskondensiert werden. Das durch die Verbrennung von z.B. Erdgas entstehende Kohlendioxid wird im stationären Betrieb von einem Kompressor 6 abgezweigt, auf den für die weitere Verwendung benötigten Druck gebracht, im Kühler 7 weiter getrocknet und verflüssigt, und aus dem Prozess über die Leitung 32 entfernt. In der Praxis wird dieser Verdichtungsprozess vorteilhaft mehrstufig mit Zwischenkühlung und -trocknung ausgeführt. Für die Oxidation des Brennstoffs in der Brennkammer 2 wird technisch reiner Sauerstoff eingesetzt, der in einer hier nicht weiter beschriebenen und nur schematisch dargestellten Luftzerlegungsanlage 9 gewonnen wird.

Der im Abhitzeessel gewonnene Wasserdampf beaufschlagt im Rahmen einer üblichen Kreislaufschaltung eine Kondensationsdampfturbine 10 mit Generator 11. Der Dampfkreislauf umfasst dabei die Kondensationsdampfturbine 10, stromab davon einen Kondensator 30, und dahinter eine Pumpe 31, welche das Kondensat einem Speisewasserbehälter/Entgaser 24 zuführt. Das Speisewasser wird hinter dem Speisewasserbehälter 24 über eine Pumpe einem im Abhitzeessel 4 angeordneten Economizer 26 und anschliessend der Dampftrommel 27 zugeführt. Die Dampftrommel 27 ist mit einem Verdampfer 28, welcher ebenfalls im Abhitzeessel angeordnet ist, verbunden, und der in der Dampftrommel 27 produzierte Dampf wird üblicherweise in einer Überhitzerstufe 29 überhitzt und anschliessend der Dampfturbine 10 zugeführt.

Um dieses System nun weitgehend autark anfahren zu können, wird die Anlage mit den in Fig. 2 dargestellten zusätzlichen Komponenten ausgerüstet. Durch

Luftklappen oder ein anders realisiertes, im Heissgaspfad 23 angeordnetes Umschaltorgan 12 wird der Abhitzekeessel 4 eintrittseitig vom Turbinenaustritt auf einen oder mehrere Hilfsbrenner 13 umgeschaltet, die von einem oder mehreren Gebläsen 14 mit Luft versorgt werden. Austrittseitig wird der Abhitzekeessel durch ein weiteres, im Abgaspfad 40 angeordnetes Umschaltorgan 15 mit einem Hilfskamin 16 verbunden. Ueber diesen Kamin können die in der Brennkammer 13 entstandenen Rauchgase entweichen. Auf diese Weise kann im Abhitzekeessel Dampf erzeugt werden, bevor die Gasturbinenanlage 1 - 3 in Betrieb genommen wird. Die Kondensationsturbine 10 kann nun über ihren Generator 11 den Strom erzeugen, der benötigt wird, um die Luftzerlegungsanlage 9 zu betreiben und die Gasturbine 1 - 3 anzufahren.

Zum Anfahren der Gasturbine wird bei beidseitig geöffneten Umschaltorganen 12 und 15 (d.h. Gas kann sowohl von 3 als auch von 13 über 12 in Richtung 4 strömen, bzw. von 4 über 15 sowohl in Richtung 16 als auch in Richtung 5) der Generator 8 motorisch angetrieben und der Brenner 2 mit Brennstoff und Sauerstoff aus der Luftzerlegungsanlage 9 in Betrieb genommen. Die Leistung der Hilfsbrenner 13 und Gebläse 14 wird kontinuierlich reduziert, bis die Abgase der Gasturbine eine ausreichend hohe Temperatur erreicht haben. Dann wird der Kreislauf mit Hilfe der Umschaltorgane 12 und 15 geschlossen. Alternativ kann die Anlage so ausgeführt werden, dass für das Anfahren der Gasturbine über ein weiteres Umschaltorgan 17 Umgebungsluft angesogen wird.

Nach Beendigung der Anfahrphase enthält der geschlossene Kreislauf zunächst ein typisches Verbrennungsgasgemisch mit hohem Stickstoff- und Sauerstoffgehalt. Um den Zustrom an Sauerstoff und Brennstoff auszugleichen, wird z.B. über den Hilfskamin 16 kontinuierlich ein Teil des im Kreislauf befindlichen Gases ausgeschleust. Nach kurzer Zeit nähert sich so die Zusammensetzung des Kreislaufgases einem stabilen Gleichgewicht mit den Hauptkomponenten Kohlendioxid und Wasser und die Anlage kann auf vollständig emissionsfreien Betrieb umgeschaltet werden.

Eine derartige modifizierte Kraftwerksanlage erlaubt ausserdem einen separaten Betrieb ausschliesslich des Dampfturbinenkreislaufes im Sinne eines Notstromaggregates. Dies kann beispielsweise notwendig werden, wenn die

Gasturbinenanlage auf Grund eines Ausfalls der Luftzerlegungsanlage 9 ausser Betrieb genommen werden muss oder die Gasturbinenanlage aus anderen Gründen stillgelegt werden muss.

Fig. 3 zeigt eine sinngemäss ausgerüstete Anlage in der Ausführung mit einer Gegendruckturbine. Diese Anlage enthält zusätzlich ein Umschaltorgan 18, mit dem der in der Gegendruckturbine teilentspannte Dampf an der Gasturbine vorbei direkt zur Verflüssigung in den Kühler 5 geleitet wird. Alternativ kann der teilentspannte Dampf vor der Verflüssigung auch zum Vorwärmen des Kesselspeisewassers genutzt werden (dem Fachmann offensichtlich und daher in Fig. 3 nicht als zusätzliche Option schematisch dargestellt). Wird die Gasturbine 1-3 angefahren, so wird das Umschaltorgan 18 in seine normale Betriebsposition gebracht und der Dampf in der Gasturbine unter Leistungsabgabe bis auf Umgebungsdruck entspannt. Da die Gegendruckturbine bei gleichem Brennstoffverbrauch der Hilfsbrenner 13 erheblich weniger Leistung liefert als die Kondensationsturbine nach Fig. 2, eignet sich dieser Aufbau zum Anfahren von Luftzerlegungsanlage und Gasturbine, ist aber weniger für den Notfallbetrieb geeignet.

Für den technisch versierten Fachmann ist offensichtlich, dass sich das oben beschriebene Verfahren nicht nur auf die beiden beschriebenen Prozesse anwenden lässt, sondern ebenso auf eine Vielzahl denkbarer Prozessvarianten, die dadurch gekennzeichnet sind, dass eine Gas- und eine Dampfturbine so kombiniert werden, dass das Arbeitsmedium der Gasturbine in einem zumindest teilweise geschlossenen Kreislauf mit oder ohne Kondensation gefahren wird, dem Kreislauf weitgehend reiner Sauerstoff als Oxydationsmittel zugeführt wird, und der benötigte Dampf im normalen Betrieb durch Nutzung der Abwärme der Gasturbine erzeugt wird.

BEZUGSZEICHENLISTE

- 1 Verdichter
- 2 Brennkammer
- 3 Turbine
- 4 Abhitzekeessel
- 5 Kühler, Kondensator
- 6 Kompressor
- 7 Kühler
- 8 Generator
- 9 Luftzerlegungsanlage
- 10 Kondensationsdampfturbine
- 11 Generator
- 12 Umschaltorgan
- 13 Hilfsbrenner
- 14 Gebläse
- 15 Umschaltorgan
- 16 Hilfskamin
- 17 Umschaltorgan
- 18 Umschaltorgan
- 19 Gegendruckturbine
- 20 Brennstoffzufuhr
- 21 Sauerstoffzufuhr
- 22 Welle
- 23 Leitung zum Abhitzekeessel, Heissgaspfad

- 24 Speisewasserbehälter
- 25 Pumpe
- 26 Economizer
- 27 Dampftrommel
- 28 Verdampfer
- 29 Überhitzer
- 30 Kondensator
- 31 Pumpe
- 32 Abführleitung für Kohlendioxid
- 33 Abführleitung für Wasser
- 34 Frischluftzufuhr
- 35 Brennstoffzufuhr
- 36 variabler Heissgaspfad
- 37 variabler Abgaspfad
- 38 variabler Dampfpfad
- 39 Frischluftzufuhr, Frischluft
- 40 Leitung zum Kondensator 5, Abgaspfad

PATENTANSPRÜCHE

1. Kraftherzeugungsanlage aufweisend wenigstens einen Gasturbinenkreislauf mit Abhitzekessel (4) und wenigstens einen über den Abhitzekessel (4) betriebenen Dampfturbinenkreislauf, wobei der Gasturbinenkreislauf halb geschlossen und im wesentlichen emissionsfrei ausgebildet ist und im wesentlichen aus einem Verdichter (1), einer stromab des Verdichters (1) angeordneten Brennkammer (2), einer stromab der Brennkammer (2) angeordneten Gasturbine (3), einem stromab der Gasturbine (3) angeordneten Abhitzekessel (4), sowie wenigstens einem an die Gasturbine (3) angekoppelten Generator (8) besteht,

dadurch gekennzeichnet, dass

erste Mittel (12) angeordnet sind, welche es erlauben, alternativ oder ergänzend Heissgas in den Heissgaspfad (23) zwischen Gasturbine (3) und Abhitzekessel (4) einzuschleusen, und dass zweite Mittel (15) angeordnet sind, welche es erlauben, alternativ oder ergänzend stromab des Abhitzekessels (4) Abgas aus dem Abgaspfad (40) auszuschleusen.
2. Kraftherzeugungsanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei den ersten und zweiten Mitteln (12, 15) um Umschaltorgane handelt, welche das Ein- respektive Ausschleusen insbesondere über das Umstellen von Luftklappen erlauben.
3. Kraftherzeugungsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das zusätzliche, alternativ oder ergänzend in den Heissgaspfad (23) einzuschleusende Heissgas von einem oder mehreren Hilfsbrennern (13) zur Verfügung gestellt wird, welche bevorzugt über ein Gebläse (14) mit Frischluft (34) versorgt werden.

4. Kraftherzeugungsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass es sich um einen $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ -Gasturbinenkreislauf handelt, bei welchem entstehendes CO_2 und H_2O über entsprechende Mittel zur Kompression (6) und/oder Mittel zur Kühlung (7) aus dem Gasturbinenkreislauf insbesondere bevorzugt unmittelbar stromab des Verdichters (1) abzweigend und insbesondere in flüssiger und/oder überkritischer Form entfernt wird, und dass der Gasturbinenkreislauf insbesondere über eine Luftzerlegungsanlage (9) mit weitgehend reinem Sauerstoff versorgt wird.
5. Kraftherzeugungsanlage nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei der Luftzerlegungsanlage (9) um kryogene oder eine auf Membranverfahren basierende Anlage handelt.
6. Kraftherzeugungsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Dampfturbinenkreislauf im wesentlichen geschlossen ausgebildet ist und wenigstens eine Dampfturbine (10,19) und wenigstens einen daran angekoppelten Generator (11) aufweist, und dass der Dampfturbinenkreislauf unter alleiniger Verwendung von über die ersten Mittel eingeschleustem Heissgas bei gleichzeitiger Ausschleusung über die zweiten Mittel derart betrieben werden kann, dass der Generator (11) genügend Energie erzeugt, um die Gasturbinenanlage (1-3) und eine ggf. vorhandene Luftzerlegungsanlage (9) in Betrieb zu nehmen, respektive um bei Ausfall der Gasturbinenanlage (1-3) als Notstromaggregat zu dienen.
7. Kraftherzeugungsanlage nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass für das Anfahren der Gasturbine ein weiteres Umschaltorgan (17) stromauf des Verdichters (1) angeordnet ist, über welches Umgebungsluft (39) angesaugt werden kann.

8. Kraftherzeugungsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei der im Dampfturbinenkreislauf angeordneten Dampfturbine um eine Kondensationsturbine (10) handelt.
9. Kraftherzeugungsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Dampfturbinenkreislauf eine Gegendruckturbine (19) umfasst, deren teilentspannter Abdampf in der Gasturbine (3) nach Einspritzung in das Kreislaufmedium vor, in, und/oder nach der Brennkammer (2) unter Leistungsabgabe bis auf Umgebungsdruck entspannt wird, wobei insbesondere ein Umschaltorgan (18) vorgesehen ist, mit welchem der Abdampf an der Gasturbine vorbei direkt zur Verflüssigung in einen im Gasturbinenkreislauf angeordneten Kühler (5) geleitet werden kann.
10. Verfahren zur Inbetriebnahme einer Kraftherzeugungsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass zunächst in einer ersten Phase der Dampfturbinenkreislauf mit über die ersten Mittel (12) eingeschleustem Heissgas bei gleichzeitiger wenigstens teilweiser Ausschleusung der Abgase über die zweiten Mittel (15) in Betrieb genommen wird, dann in einer zweiten Phase ein im Dampfturbinenkreislauf angeordneter Generator (11) den Generator (8) des Gasturbinenkreislaufs motorisch mit Strom zum Anfahren der Turbogruppe (1,3) antreibt, wobei der Verdichter (1) über eine stromauf angeordnete Luftklappe (17) und/oder über die in beide Richtungen geöffneten zweiten Mittel (15) Frischluft oder ein Verbrennungsgasgemisch ansaugt, durch die Brennkammer (2) fördert, in welcher ggf. unter zusätzlicher Zufuhr von weitgehend reinem Sauerstoff Brennstoff verfeuert wird, sodass die Turbine (3) den motorisch angetriebenen Generator (8) zu unterstützen beginnt, und schliesslich als alleiniger Antrieb dient, wobei die heißen Abgase der Gasturbine (3) sukzessive und am Ende vollständig die Dampferzeugung im Abhitzekeßel (4) übernehmen.

11. Verfahren zur Inbetriebnahme einer Krafterzeugungsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass zunächst in einer ersten Phase der Dampfturbinenkreislauf mit über die ersten Mittel (12) eingeschleustem Heissgas bei gleichzeitiger wenigstens teilweiser Ausschleusung der Abgase über die zweiten Mittel (15) in Betrieb genommen wird, dass nach erfolgtem Selbstlauf der über eine stromauf des Verdichters (1) angeordnete Luftklappe (17) mit Luft als Ersatzmedium betriebenen Turbogruppe (1-3, 8) in einer zweiten Phase über die ersten und zweiten Mittel (12, 15) und die Luftklappe (17) der Gasturbinenkreislauf geschlossen und der Brennkammer (3) weitgehend reiner Sauerstoff als Oxidationsmittel zugeführt wird, wobei kontinuierlich Gas aus dem Kreislauf ausgeschleust wird, um die Zufuhr von Sauerstoff und Brennstoff zu kompensieren, und wobei sich die Zusammensetzung des umlaufenden Gases sukzessive einem Gleichgewicht nähert, in dem mit der Separation und Verflüssigung der Verbrennungsprodukte begonnen werden kann.
12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass es sich beim Gasturbinenkreislauf um einen $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ -Gasturbinenkreislauf handelt, und dass die Separation und Verflüssigung von überschüssigem Kohlendioxid begonnen werden kann, indem das Kohlendioxid in einem Kompressor (6) auf den für die weitere Verwendung benötigten Druck gebracht und in einem Kühler (7) weiter getrocknet und verflüssigt wird.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass der nach der ersten Phase über den Generator (11) verfügbare Strom wenigstens teilweise zum Betrieb der Luftzerlegungsanlage (9) und damit zur Bereitstellung von weitgehend reinem Sauerstoff für den Verbrennungsprozess in der Brennkammer (2) verwendet wird.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass während oder nach der ersten Phase ein großer Teil der Anfahrleistung in Form von Wärme mit Hilfe der Hilfsbrenner (13) zur Verfügung gestellt wird.
15. Verfahren zum Betrieb einer Krafterzeugungsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass bei nicht betriebem Gasturbinenkreislauf nur der Dampfturbinenkreislauf über die Einschleusung von Heissluft mit den ersten Mitteln (12) und über die Ausschleusung von Abgasen mit den zweiten Mitteln (15) betrieben wird, und dass so der im Dampfturbinenkreislauf angeordnete Generator (11) Strom insbesondere im Sinne eines Notstromaggregates zur Verfügung stellt.

ZUSAMMENFASSUNG

Bei einer Kraftherzeugungsanlage aufweisend wenigstens einen Gasturbinenkreislauf mit Abhitzekessel (4) und wenigstens einen über den Abhitzekessel (4) betriebenen Dampfturbinenkreislauf, wobei der Gasturbinenkreislauf halb geschlossen und im wesentlichen emissionsfrei ausgebildet ist und im wesentlichen aus einem Verdichter (1), einer stromab des Verdichters (1) angeordneten Brennkammer (2), einer stromab der Brennkammer (2) angeordneten Gasturbine (3), einem stromab der Gasturbine (3) angeordneten Abhitzekessel (4), sowie wenigstens einem an die Gasturbine (3) angekoppelten Generator (8) besteht, werden Betriebsweisen bei stillliegendem Gasturbinenkreislauf sowie ein Anfahren unter Verwendung von Frischluft ermöglicht, indem erste Mittel (12) angeordnet werden, welche es erlauben, alternativ oder ergänzend Heissgas in den Heissgaspfad (23) zwischen Gasturbine (3) und Abhitzekessel (4) einzuschleusen, und indem zweite Mittel (15) angeordnet werden, welche es erlauben, alternativ oder ergänzend stromab des Abhitzekessels (4) Abgas aus dem Abgaspfad (40) auszuschleusen.

(Fig. 2)

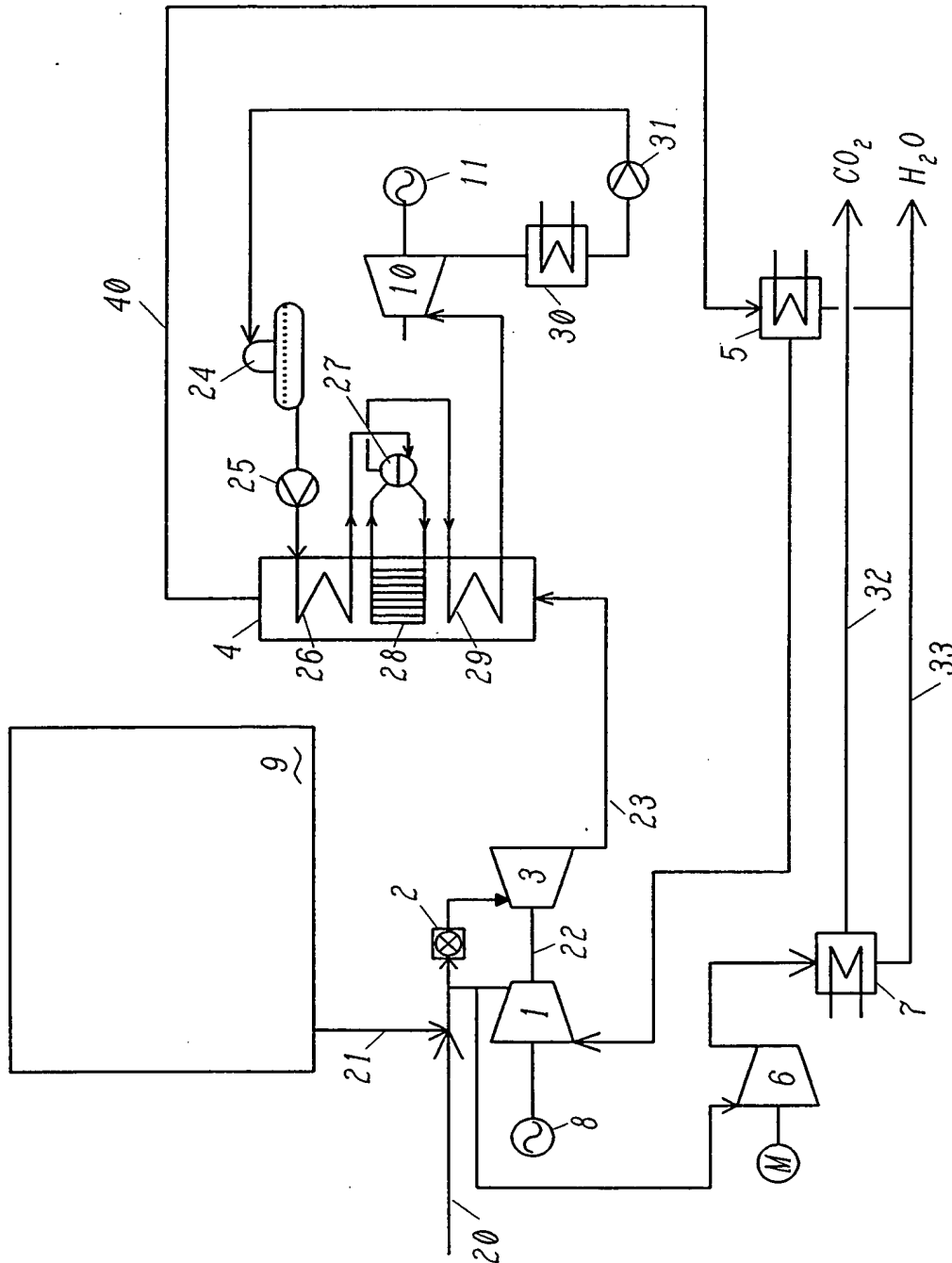


Fig. 1

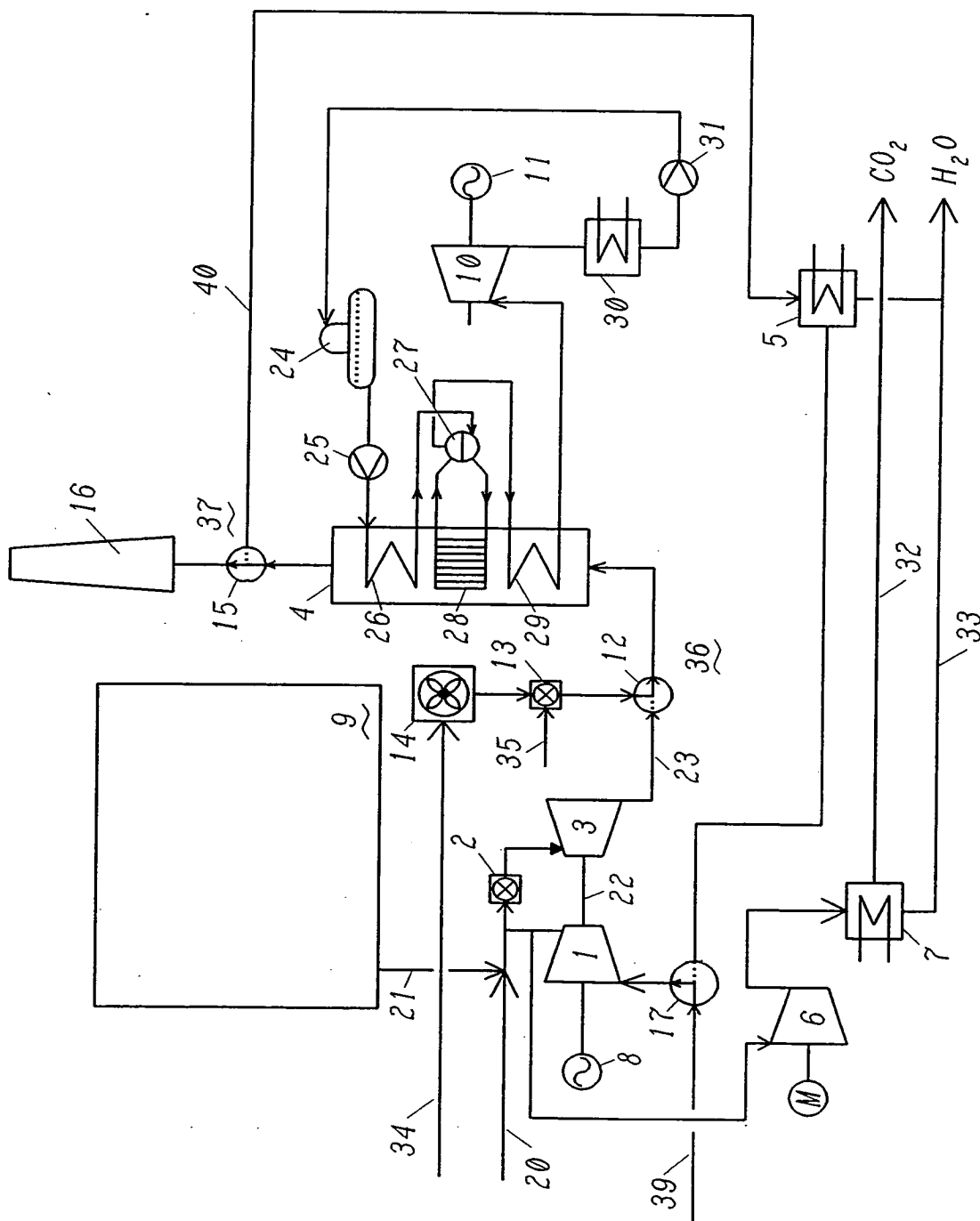


Fig. 2

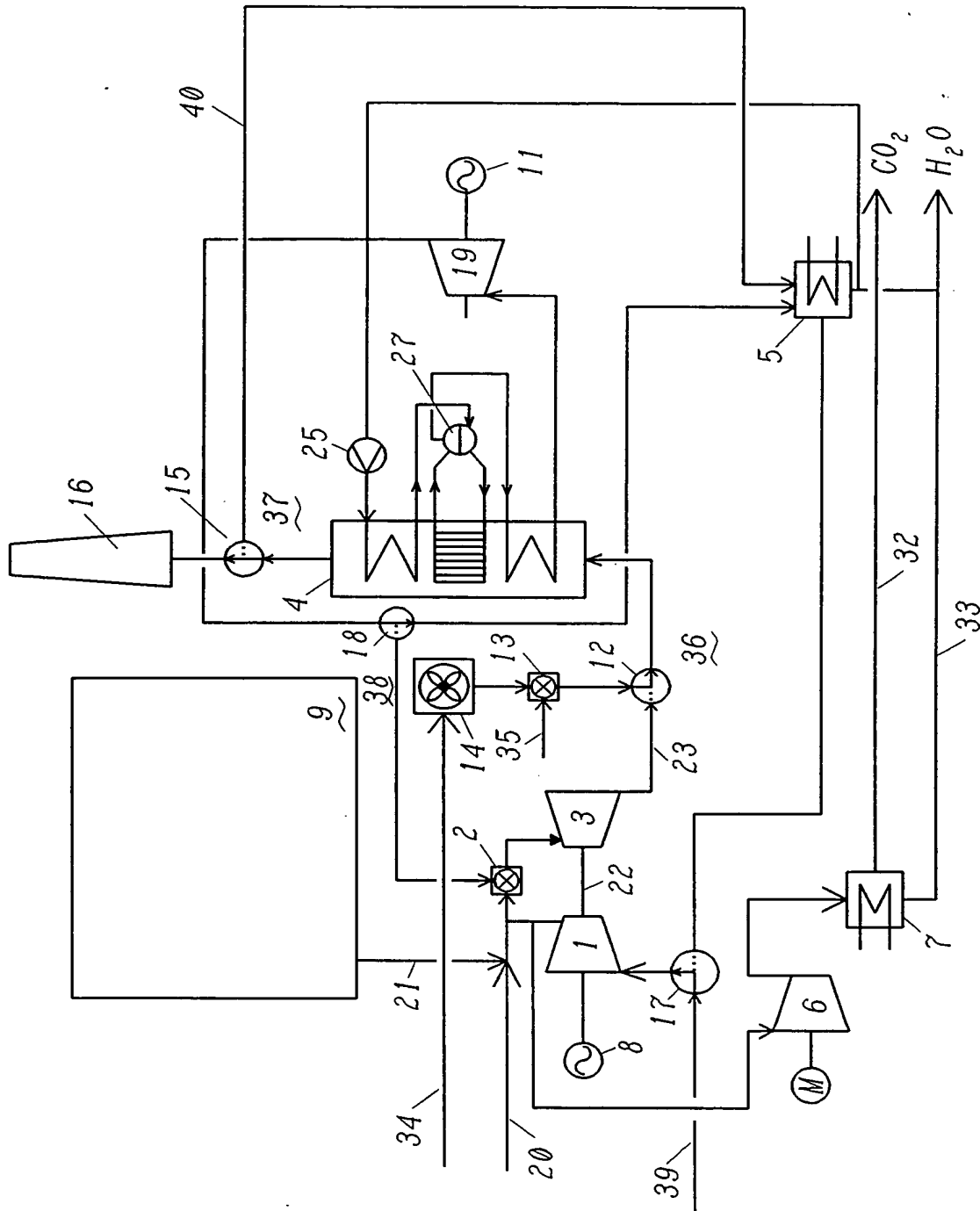


Fig. 3

THIS PAGE BLANK (USPTO)

THIS PAGE BLANK (USPTO)